

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor: **Thilo Stolze**

Serial No.:

Filed: **April 9, 2004**

Title: **Power Semiconductor Module**

§ Group Art Unit:

§

§ Examiner:

§

§ Attorney Docket No: **074313.0108**

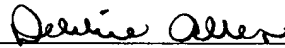
§ Client Ref.: **EUP042US**

§

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP PATENT APPLICATION  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450



EXPRESS MAIL LABEL: EV339228786US  
DATE OF MAILING: APRIL 9, 2004

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

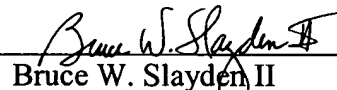
We enclose herewith a certified copy of German patent application DE 49 886.1 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: April 9, 2004

By:



Bruce W. Slayden II  
One Shell Plaza  
910 Louisiana Street  
Houston, Texas 77002-4995  
Telephone: 713.229.1786  
Facsimile: 713.229.7886  
ATTORNEYS FOR APPLICANTS

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

101 49 886.1

**Anmeldetag:**

10. Oktober 2001

**Anmelder/Inhaber:**

eupec Europäische Gesellschaft für Leistungshalbleiter mbH & Co KG, 59581 Warstein/DE

**Bezeichnung:**

Leistungshalbleitermodul

**IPC:**

H 01 L 23/40

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. März 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

## Beschreibung

## Leistungshalbleitermodul

5 Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul zur Montage an einem Kühlelement mit mindestens einem Substrat, auf dem sich ein oder mehrere Halbleiterbauelemente befinden, und mit einer auf das Substrat einwirkenden Anpressvorrichtung, um das Substrat im montierten Zustand an das Kühlelement an-  
10 zupressen.

Bei einem derartigen, aus der DE 199 42 915 A1 hervorgehenden Leistungshalbleitermodul sind auf der Oberseite eines isolierenden und thermisch leitenden Trägers (Substrat) mehrere  
15 Leistungshalbleiter in einer Reihe angeordnet und mit auf der Oberseite des Substrats verlaufenden Leiterbahnen verbunden.

Die Unterseite des Substrats wird durch eine Anpressvorrichtung auf einen Kühlkörper gepresst.

20 Über den Kühlkörper werden beim Betrieb des Leistungshalbleitermoduls in Form von Wärme auftretende Verlustleistungen abgeführt. Für eine effektive Wärmeabfuhr bzw. einen geringen Wärmeübergangswiderstand und damit einen zuverlässigen Betrieb des Leistungshalbleitermoduls muss der Kühlkörper flächig und spaltfrei an der Substratunterseite anliegen.

Problematisch sind dabei die durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialien der Halbleitermodulkomponenten (z.B. von Substrat und Halbleitermaterial) bedingten inneren mechanischen Spannungen des Moduls.  
30

Diese Spannungen führen zu unerwünschten Deformationen der Substrat- bzw. Leistungshalbleitermodulunterseite, so dass eine ebene Kontaktfläche nicht mehr gewährleistet ist. Dadurch entstehen Zwischenräume und Luftspalte, die die Wärmeübertragung zwischen Kühlkörper und Substrat beeinträchtigen. Diese Problematik nimmt mit zunehmender Substratgröße zu.

Zur Lösung dieser Problematik ist es denkbar, zusätzlich eine Metallplatte als Bodenplatte vorzusehen, mit deren Oberseite die Substratunterseite z.B. verlötet ist. Formabweichungen würde dann die zwischenliegende Lotschicht ausgleichen. Die Bodenplatte wäre mit ihrer Unterseite mit dem Kühlkörper verbunden, um sowohl einer gleichmäßigen Wärmeverteilung (als sog. „Heat Spreader“) als auch zur Aufnahme der mechanischen Spannungen zu dienen. Allerdings erhöht diese Konstruktion durch die zusätzliche Bodenplatte und deren Montage die Gesamtkosten eines so ausgestalteten Leistungshalbleitermoduls.

Es ist auch denkbar, die Anpresskräfte durch externe Klammern zu erhöhen, wie sie z.B. aus der DE 197 23 270 A1 prinzipiell bekannt sind. Wenn aber das Substrat durch hohe lokale Anpressdrücke stark belastet wird, besteht die Gefahr des Substratbruchs. Diese Gefahr nimmt mit steigender Substratgröße zu. Außerdem verteuert und verkompliziert die Verwendung zusätzlicher Klammern den Montageprozess.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstig herstellbares Leistungshalbleitermodul zu schaffen, das ohne zusätzliche separate Bauteile einen guten thermischen Kontakt zu einem Kühlelement oder Kühlkörper gewährleistet.

Diese Aufgabe wird bei einem Leistungshalbleitermodul der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Anpressvorrichtung von einem Modulgehäuse mit einem oder mehreren federelastischen Bereichen gebildet ist.

5

Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht im mehrfunktionalen Einsatz eines Modulgehäuses. Damit kann auf separat zu fertigende, zu handhabende und zu montierende Einzelteile zum Anpressen des Substrats an das Kühlelement oder an den Kühlkörper verzichtet werden. Das Gehäuse erlaubt in einem einzigen Montagevorgang sowohl die Fixierung des Leistungshalbleitermoduls auf dem Kühlkörper als auch die Herstellung eines guten thermischen Kontakts.

10

15 Ein weiterer wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass durch die federnden Elemente oder Bereiche des Gehäuses Maßtoleranzen insbesondere des Gehäuses ausgeglichen werden.

20 Fertigungstechnisch bevorzugt können dazu die federelastischen Bereiche integrale Materialbestandteile des Gehäuses sein. Diese können vorteilhafterweise ihre federelastischen Eigenschaften durch Aussparungen und/oder Querschnittsverjüngungen im Gehäusematerial erhalten. Dies ist insbesondere bei Verwendung aus Kunststoff bestehender und z.B. im Kunststoff-Spritzgussverfahren hergestellter Gehäuse vorteilhaft.

25

Gegenüber der Verwendung einer separaten Andruckklammer besteht bei dem erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodul zusätzlich der Vorteil, dass statt einer hohen punktuellen Druckbeaufschlagung eine sehr homogene Druckkraftverteilung realisierbar ist. Dazu ist nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls vor-

30

gesehen, dass die Anpressvorrichtung an mehreren, gleichmäßig über das Substrat verteilten Stellen auf das Substrat einwirkt. Dazu kann die Anpressvorrichtung vorteilhafterweise Andruckstempel aufweisen, die mit den federelastischen Bereichen verbunden sind.

Eine weitere Steigerung der Zuverlässigkeit und der Homogenität des mechanischen Kontakts zwischen Substrat und Kühlkörper lässt sich nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung dadurch erreichen, dass die Anpressvorrichtung umlaufend auf den Randbereich des Substrats einwirkt.

Bei einer vorteilhaften Ausbildung des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls umfasst das Modulgehäuse ein erstes Gehäuseteil und ein zweites Gehäuseteil, das das erste Gehäuseteil mit einer Federkraft beaufschlagt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert; es zeigen schematisch:

Figur 1: Bestandteile eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls im Querschnitt vor der Montage,

Figur 2: das Ausführungsbeispiels gemäß Figur 1 in montiertem Zustand,

Figur 3: die Andruckkraftverteilung bei einer Anpressvorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels,

Figur 4: ein Modulgehäuseteil,

Figur 5: stark vergrößert einen federelastischen Bereich des Modulgehäuses nach Figur 4 im Detail,

Figur 6: stark vergrößert einen weiteren federelastischen Bereich des Modulgehäuses nach Figur 4 im Detail und

Figur 7 Varianten von federelastischen Bereichen in stark vergrößerten Darstellungen.

Das in Figur 1 gezeigte Leistungshalbleitermodul 1 umfasst in separater Darstellung ein Keramik-Substrat (Trägerelement) 2, auf dem mehrere Halbleiterbauelemente 6, 7 und 8 angeordnet und elektrisch kontaktiert sind. Die Halbleiterbauelemente sind über angedeutete Bonddrähte mit nicht näher dargestellten Leiterbahnen verbunden, die auf der Oberfläche des Substrats 2 ausgebildet sind. Die Leiterbahnen führen z.B. zu Kontaktstiften (Anschlusspins) zum externen Anschluss des Leistungshalbleitermoduls. Die Halbleiterbauelemente 6, 7 und 8 können Leistungshalbleiter sein, die hohe in Wärme umgesetzte Verlustleistungen entwickeln und deshalb eine effektive Wärmeableitung erfordern.

Das Halbleitermodul umfasst ferner ein Modulgehäuse 10, das im Ausführungsbeispiel aus zwei Teilgehäusen 12 und 14 zusammengesetzt ist. Das Modulgehäuse 10 ist im Kunststoffspritzgussverfahren hergestellt. Das Teilgehäuse 12 übergreift im montierten Zustand (vgl. Figur 2) das Teilgehäuse 14, das mit einem umlaufenden Kragen 15 versehen ist. Das Teilgehäuse 12 weist mehrere federelastische Bereiche 16, 17, 18, 19 auf, die integral aus dem Modulgehäusematerial geformt sind. Die federelastischen Eigenschaften können dadurch erzeugt werden, dass im Bereich der federelastischen Bereiche Materialaussparungen vorgesehen sind. Es kann aber auch (z.B. an den Bereichen 17 und 18) eine lokale Materialverdünnung vorgesehen sein, die federnde elastische Bänder (z.B. 20, 21) bildet. Diese Bänder bilden den Angelpunkt oder Anschlusspunkt für einen Stempel 25, der stegförmig ausgebildet ist.

Wie die Ansicht des Leistungshalbleitermoduls im montierten Zustand (der Montageablauf ist in Figur 1 durch Pfeile angedeutet) gemäß Figur 2 verdeutlicht, wirkt der Stempel mit seinem freien Ende (Fußpunkt) 26 auf die Oberseite des Substrats 2 ein. Die federelastischen Bereiche 16 und 19 wirken mittelbar über den Kragen 15 umlaufend auf den Randbereich 28 des Substrats 2 ein. Im montierten Zustand wird das Modulgehäuse mittels nicht dargestellter, durch Bohrungen 29 hin-

durchgreifender Befestigungsschrauben mit einem nur andeutungsweise dargestellten Kühlkörper 30 verschraubt.

5 In Figur 3 sind die dadurch entstehenden Anschraubkräfte mit F1 bezeichnet. Durch diese Verschraubung werden die federelastischen Bereiche 16, 17, 18, 19 entgegen ihrer Federkraft ausgelenkt und erzeugen aufgrund ihres elastischen Verhaltens und ihres Bestrebens, in die Ausgangslage zurückzufedern, entsprechende Federkräfte F2 und F3.

10

Über den Kragen 15 (Kräfte F2) bzw. die Stempel 25 (Kräfte F3) werden die Federkräfte auf das Substrat übertragen und sorgen für einen gleichmäßigen, substratschonenden Andruck des Substrats auf den Kühlkörper 30. Das Modulgehäuse fun-  
15 giert damit in Doppelfunktion nicht nur als Gehäuse zur Aufnahme und zum Schutz bzw. Abschluss der Halbleiterbauelemente 6, 7, 8, sondern mit seinen federelastischen Bereichen 16, 17, 18, 19 auch als eine Anpressvorrichtung 40.

20 Figur 4 zeigt ein Modulgehäuseteil 50 mit acht gleichmäßig verteilten federelastischen Bereichen 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58. Beispielhaft sind die federelastischen Bereiche 56 und 58 stark vergrößert dargestellt. Der Bereich 56 ist als Materialfreischnitt oder Fortsatz des Modulgehäuseteils 50  
5 wannenförmig ausgebildet. Am tiefsten Punkt der Wanne 60 ist das eine Ende 62 eines Druckstempels 64 angeformt.

Wie Figur 5 verdeutlicht, ist der Bereich 58 zwischen einer  
Seitenwand 66 des Modulgehäuseteils 50 und einem Haltesteg 68  
30 ebenfalls als wannenförmiges Federelement durch entsprechende Materialreduktion als Federband 69 ausgestaltet.

Figur 7 zeigt weitere Varianten von federelastischen Berei-  
chen in stark vergrößerter Darstellung. Die eigentlichen fe-  
35 dernden Elemente 70 können bogenförmig ausgebildet und nur an einer Wand oder einem Haltesteg 71 des Gehäuses oder eines Gehäuseteils angeformt sein. Sie können auch als Federwinkel



73 ausgebildet und nur an einer Wand oder einem Haltesteg 74 des Gehäuses oder eines Gehäuseteils angeformt sein.

5 Das federnde Element 76 kann auch als aufgerolltes Band ausgebildet und an einer Wand oder einem Haltesteg 77 des Gehäuses oder eines Gehäuseteils angeformt sein.

10 All diese Konstruktionen realisieren als wesentlichen erfindungsgemäßen Aspekt, dem Modulgehäuse an verteilten, definierten Stellen federelastische Eigenschaften zu verleihen, durch die gezielt auf das Substrat eingewirkt und dieses schonend auf den Kühlkörper gepresst wird. Dadurch können vorteilhafterweise auch Maßtoleranzen ausgeglichen werden, die andernfalls bei einer steifen Gehäusekonstruktion hohe  
15 inhomogene mechanische Spannungen auf das Substrat ausüben würden.

## Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul zur Montage an einem Kühlelement (30) mit

- 5    - mindestens einem Substrat (2), auf dem sich ein oder mehrere Halbleiterbauelemente (6, 7, 8) befinden, und
- einer auf das Substrat (2) einwirkenden Anpressvorrichtung (40), um das Substrat (2) im montierten Zustand an das Kühlelement (30) anzupressen,

10    dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anpressvorrichtung von einem Modulgehäuse mit einem oder mehreren federelastischen Bereichen (16, 17, 18, 19) gebildet ist.

15    2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1,

     dadurch gekennzeichnet, dass

- die federelastischen Bereiche (16, 17, 18, 19) integrale Materialbestandteile des Modulgehäuses (10) sind.

20    3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1 oder 2,

     dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anpressvorrichtung (40) an mehreren, gleichmäßig über das Substrat (2) verteilten Stellen auf das Substrat (2) einwirkt.

25

4. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, 2 oder 3,

     dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anpressvorrichtung (40) Andruckstempel (25) aufweist, die mit den federelastischen Bereichen (17) verbunden
- 30    sind.

5. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,

     dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anpressvorrichtung (40) umlaufend auf den Randbereich (28) des Substrats (2) einwirkt.

6. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche,

5

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Modulgehäuse (10) ein erstes Gehäuseteil (12) und ein zweites Gehäuseteil (14) umfasst, das das erste Gehäuseteil (12) mit einer Federkraft (F2) beaufschlagt.

10



## Zusammenfassung

### Leistungshalbleitermodul

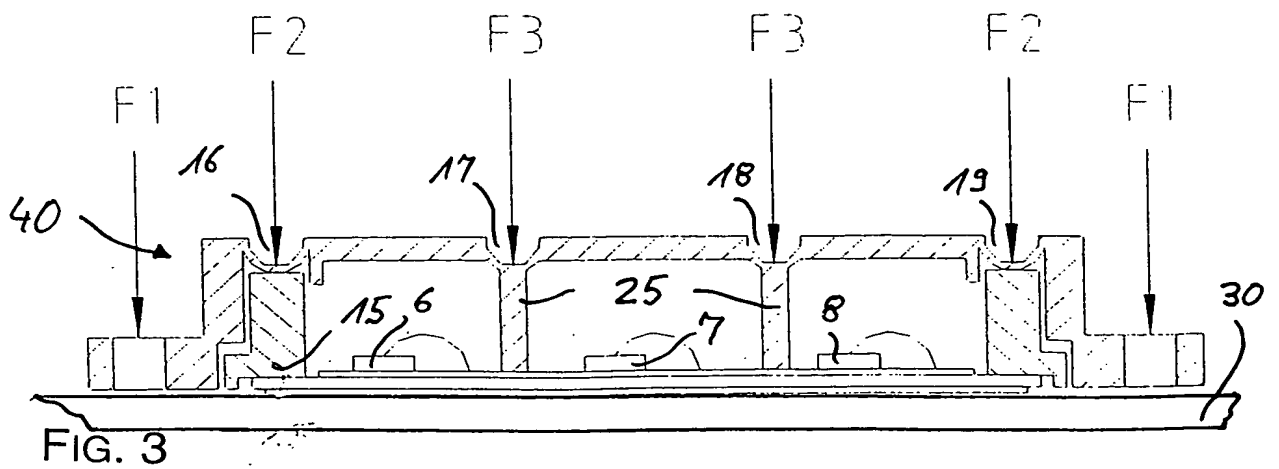
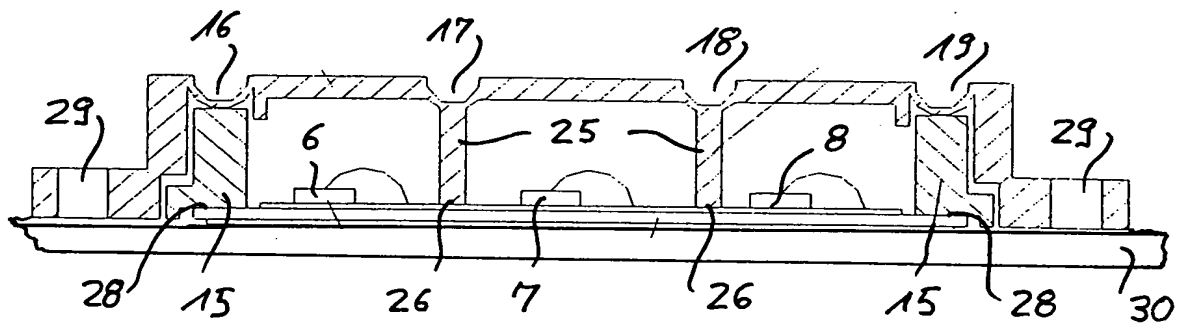
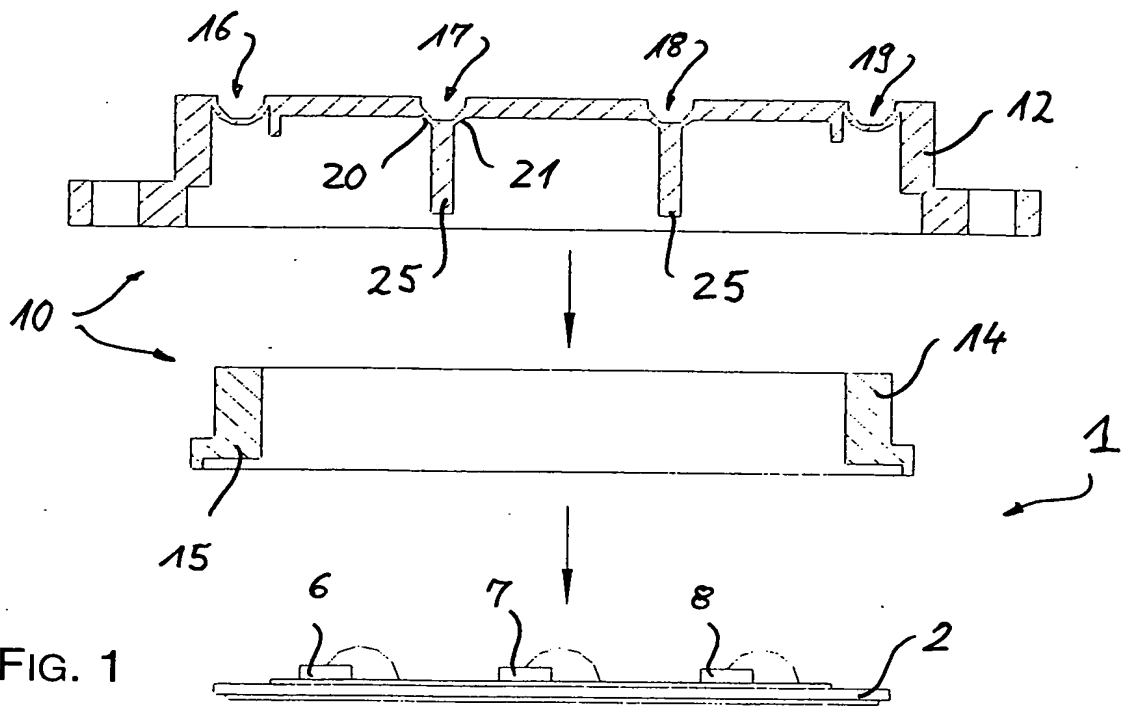
- 5 Das Leistungshalbleitermodul (1) umfasst mindestens ein Substrat (2), auf dem sich ein oder mehrere Halbleiterbauelemente (6, 7, 8) befinden, und eine auf das Substrat (2) einwirkende Anpressvorrichtung (40). Die Anpressvorrichtung (40) dient dazu, das Substrat (2) im montierten Zustand an ein  
10 Kühlelement (30) anzupressen, um betriebsbedingt entstehende Verlustwärme der Halbleiterbauelemente abzuführen.

Die Anpressvorrichtung (40) ist durch ein Modulgehäuse (10) mit einem oder mehreren federelastischen Bereichen (16, 17,  
15 18, 19) gebildet.

Figur 2

## Bezugszeichenliste:

	1	Leistungshalbleitermodul
	2	Substrat
5	6, 7, 8	Halbleiterbauelemente
	10	Modulgehäuse
	12, 14	Gehäuseteile
	15	Kragen
10	16	federelastische Bereiche
	20, 21	federnde Bänder
	25	Stempel
	26	freies Ende (Fußpunkt)
15	28	Randbereich
	30	Kühlkörper
	40	Anpressvorrichtung
	50	Modulgehäuseteil
20	51, 52, 53, 54,	federelastische Bereiche
	55, 56, 57, 58	federelastische Bereiche
	60	Wanne
	61	Ende
	64	Druckstempel
	66	Seitenwand
	68	Haltesteg
	69	Federband
30	70	federndes Element
	71	Haltesteg
	73	Federwinkel
	74	Gehäuse
	76	federndes Element
35	77	Haltesteg
	F1	Anschraubkräfte
	F2, F3	Federkräfte



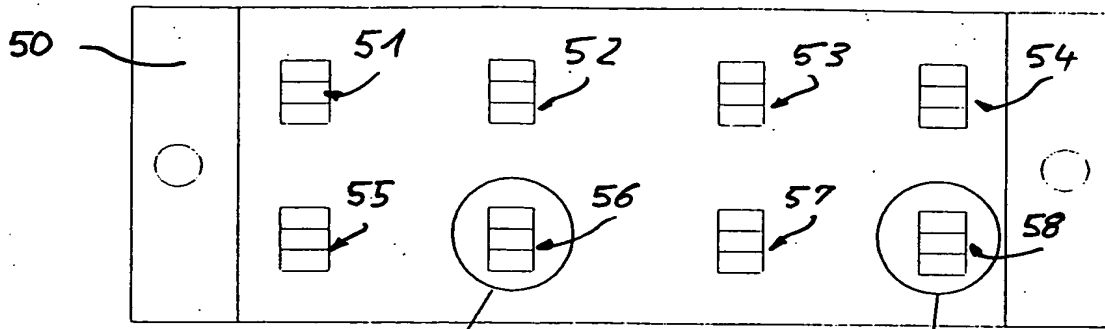


FIG. 4

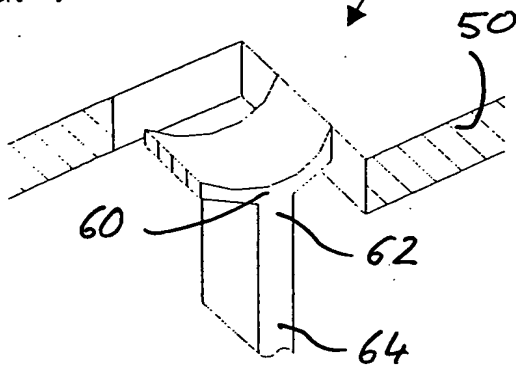


FIG. 5

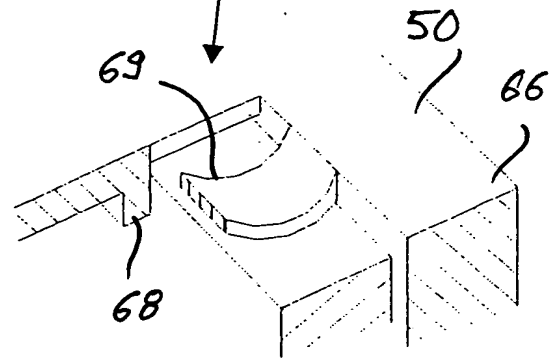


FIG. 6

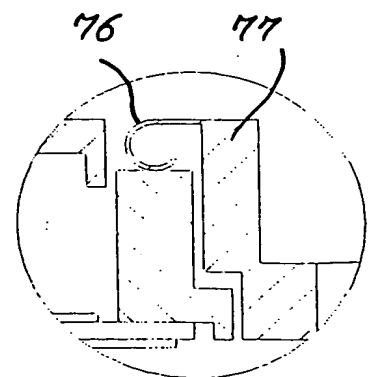
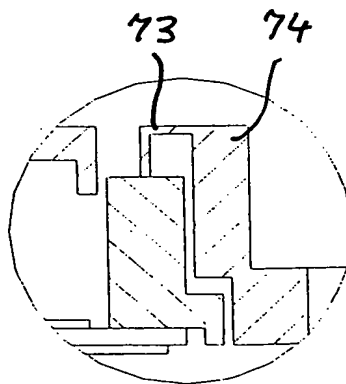
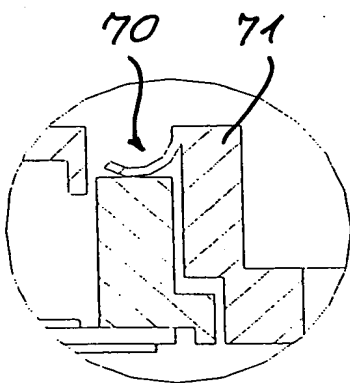


FIG. 7